



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE
PJ-01**

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : TANSHUDA ALFAUZI
NIM : 105060300111018 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRONIKA
**JUDUL SKRIPSI : PERANCANGAN *EXOSKELETON MOTION CAPTURE SYSTEM* SEBAGAI
PANDUAN GERAKAN TARI PADA ROBOT *HUMANOID* KRSI**

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Nurussa'adah, MT
NIP. 19680706 199203 2 001

Ir. Nanang Sulistiyanto, MT
NIP. 19700113 199403 1 002

**PERANCANGAN *EXOSKELETON MOTION CAPTURE SYSTEM* SEBAGAI PANDUAN
GERAKAN TARI PADA ROBOT *HUMANOID* KRSI**

PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

TANSHUDA ALFAUZI

NIM.105060300111018-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2014

PERANCANGAN *EXOSKELETON MOTION CAPTURE SYSTEM* SEBAGAI PANDUAN GERAKAN TARI PADA ROBOT *HUMANOID* KRSI

Tanshuda Alfauzi,¹ Ir. Nurussa'adah, MT.², Ir. Nanang Sulistyanto, MT.²

¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ²Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: death.tanshoe@gmail.com

Abstrak— *Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI)* merupakan suatu ajang kompetisi perancangan dan pembuatan Robot yang disertai dengan unsur-unsur seni dan budaya. Divisi KRSI mengambil tema robot penari untuk menampilkan seni budaya yang diinginkan sesuai dengan tema setiap tahun. Robot KRSI berjenis humanoid, harus mampu menari. Sistem perekam gerakan yang bisa langsung dipasang pada penari profesional atau orang yang mengerti bagaimana gerakan yang artistik dibutuhkan dengan tujuan mendapatkan gerakan Robot yang mendekati aslinya. Jadi, robot humanoid akan bergerak mengikuti gerakan yang kita lakukan, kemudian kita bisa mengetahui posisi sendi dari gerakan kita. Maka dari itu, dirancanglah suatu sistem *exoskeleton motion capture*, sensor sudut diletakkan di sendi yang ingin diukur untuk mengetahui pergerakan dari sendi tersebut.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sensor potensiometer memiliki sudut efektif sebesar 265° , dengan batas bawah 15° dan batas atas 280° , kesalahan terbesar 0,05 V dan kesalahan rata-rata 0,02 V. ADC microcontroller mengubah data masukan tegangan dengan rentang 0 - 5,08 V menjadi data digital 8-bit dengan rentang nilai antara 0 - 255, memiliki persen error rata-rata 0,71%, dengan persen error tertinggi adalah 4,38%, dan persen error terendah adalah 0%. Sinyal PWM untuk mengontrol motor DC servo mampu dibangkitkan oleh microcontroller dengan lebar T_{ON} , sesuai kebutuhan servo, dengan rentang antara 0,6 - 2,5 ms, dengan persen error terbesar 0,71% dan persen error rata-rata 0,13%. Motor DC servo dapat bergerak searah dan berlawanan arah jarum jam, dengan rentang sudut antara 0° - 140° , sinyal PWM yang dapat diterima oleh servo adalah sinyal dengan rentang T_{ON} antara 0,8 ms - 2,2 ms, dengan persen error rata-rata 0,5%, persen error maksimal 1,67% dan persen error minimal 0%. Data dari microcontroller ke PC melalui USB to TTL UART berhasil dikirim dengan tingkat keberhasilan 100%. Sendi *exoskeleton* berhasil menggerakkan sendi robot humanoid dengan kesalahan rata-rata 0.59° , kesalahan terbesar 1.5° , dan kesalahan terkecil 0° . Sementara sudut yang ditampilkan ke PC memiliki kesalahan rata-rata 1.13° , kesalahan terbesar 4° , dan kesalahan terkecil 0° .

Kata Kunci—KRSI, Robot Humanoid, *Exoskeleton Motion Capture*, Potensiometer, Microcontroller.

I. PENDAHULUAN

Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI) merupakan suatu ajang kompetisi perancangan dan pembuatan robot yang disertai dengan unsur-unsur seni dan budaya bangsa yang telah terkenal di bumi pertiwi. Robot tersebut harus dirancang dan dibuat sendiri, dengan menggunakan sensor, aktuator, serta mikroprosesor yang ada dan harus diprogram sesuai dengan tema kontes yang berbeda setiap tahunnya. [1]

Robot yang digunakan dalam perlombaan KRSI adalah robot berjenis humanoid, yaitu robot yang memiliki bentuk dan karakteristik seperti manusia. Robot diharuskan untuk dapat menari sambil berjalan di arena yang sudah ditentukan selama musik pengiring dimainkan.

Setiap robot dinilai performanya oleh juri dengan beberapa parameter yang tercantum pada buku pedoman peraturan lomba yang diterbitkan oleh DIKTI setiap tahun. Secara garis besar, penilaian performa robot tersebut dapat dibagi menjadi dua parameter, yaitu parameter keindahan, dan kestabilan robot.

Parameter kestabilan mewakili kemampuan robot untuk dapat menyelesaikan perlombaan sesuai dengan peraturan perlombaan yang telah diatur dalam rule perlombaan, seperti kemampuan robot untuk dapat berjalan melalui setiap zona hingga zona akhir, parameter kestabilan bersifat kuantitatif serta objektif.

Sedangkan parameter keindahan mewakili aspek artistik dari robot, biasanya diukur dari keluwesan, keatraktifan, serta sinkronisasi tari robot dengan irama musik pengiring, bersifat kualitatif serta subjektif.

Pada saat pencarian gerakan tari, biasanya tim KRSI Teknik Elektro Universitas Brawijaya melihat contoh gerakan, memperkirakan sudut di setiap sendi tangan, kepala, leher, dan perut (biasanya kaki tidak diikutsertakan dalam gerakan tari), kemudian diproses oleh *microcontroller* untuk menggerakkan *servo* di setiap sendinya. Kekurangan metode seperti ini adalah proses trial yang tidak sebentar untuk mencari gerakan tari sesuai yang diinginkan.

Maka, pada skripsi ini akan dirancang sebuah sistem *Exoskeleton Motion Capture* untuk mempermudah dan memaksimalkan proses pemrograman gerak tari pada robot humanoid KRSI. Dengan menggunakan sistem ini, diharapkan gerak tari robot sesuai yang diinginkan dengan cara yang lebih mudah. Pemrograman gerak tari juga bisa dilakukan oleh penari yang lebih ahli dengan mengenakan *exoskeleton motion capture system* ini untuk mendapatkan gerakan tari yang lebih artistik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

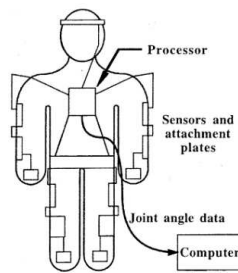
A. *Exoskeleton Motion Capture System*

Sistem elektromekanikal, sering disebut sebagai sistem *exoskeletal* atau *Exoskeleton Motion Capture System*. Biasanya sistem ini menggunakan sensor posisi putaran berupa potensiometer, *hall effect*, maupun *rotary encoder*.

Alih-alih mengukur posisi sensor pada ruangan, sistem *exoskeletal* mengukur sudut persendian langsung

dengan menempatkan sensor di sekitar sendi tubuh. *Exoskeleton* bisa berbentuk pakaian dimana setiap sensor dijahit, atau rangka *semi rigid* dengan pelat, sambungan, dan sensor-sensor dipasang mengikuti gerakan tubuh.

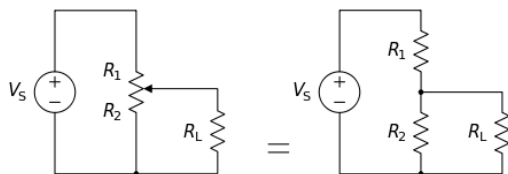
Data yang ditangkap pada persendian disalurkan oleh perkabelan ke pemroses, dimana bisa dikenakan pada tubuh atau tidak. Sambungan kabel maupun nirkabel menghubungkan *exoskeleton* pada komputer. Sistem *exoskeletal* cenderung lebih simpel dari yang lainnya, semenjak sensor-sensor langsung mengukur nilai yang diinginkan, yaitu sudut persendian. [2] Contoh sistem *Exoskeleton Motion Capture* ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. *Exoskeleton Motion Capture System*

B. Potensiometer

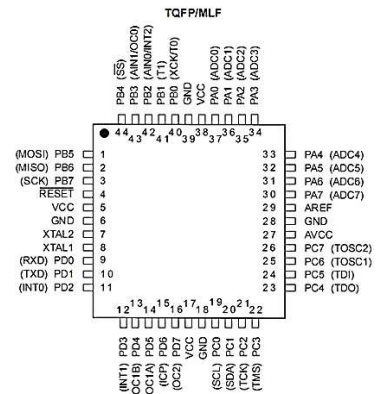
Potensiometer adalah sensor untuk mengukur perpindahan angular maupun linier, dimana disebut sebagai *angular potentiometer* atau *linear potentiometer*. [3] Sebuah potensiometer bisa dimodelkan dengan dua atau lebih resistor seri dengan sebuah penghubung/penggeser sebagai terminal keluaran yang bisa berpindah-pindah. Potensiometer bisa difungsikan sebagai pembagi tegangan untuk mendapatkan tegangan keluaran yang bisa diatur secara manual pada penghubung/penggeser dari tegangan masukan tetap yang ditempatkan pada kedua ujung potensiometer. Rangkaian dasar potensiometer ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Dasar Potensiometer

C. Microcontroller ATmega16

Salah satu *microcontroller* yang banyak digunakan saat ini yaitu *microcontroller AVR*. AVR adalah *microcontroller RISC* (reduce instruction set compute) 8 bit berdasarkan arsitektur havard, yang dibuat oleh atmel pada tahun 1996. [4] *Pinout ATmega16* ditunjukkan dalam Gambar 3.

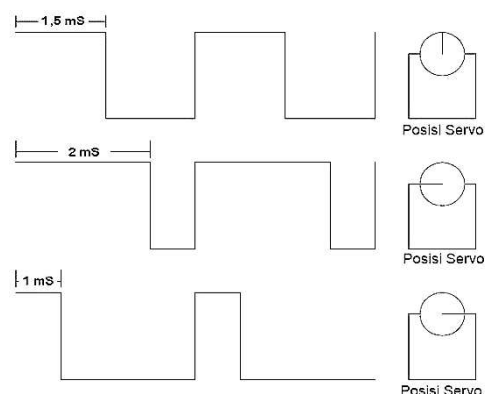


Gambar 3. *Pinout ATmega16*

D. Motor DC Servo

Berbeda dengan motor DC dan motor *stepper*, motor *servo* adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor *servo*. Motor ini terdiri atas sebuah motor, serangkaian internal gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran *servo*. Sedangkan sudut sumbu motor *servo* diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

Motor *servo* mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Pengaturan sudut motor *servo* diperlukan untuk mengetahui gerakan dari motor *servo* dan pulsa yang harus diberikan untuk bergerak kekanan atau bergerak ke kiri. [4] Pengaturan sudut motor *servo* ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Pengaturan Sudut Motor *Servo*

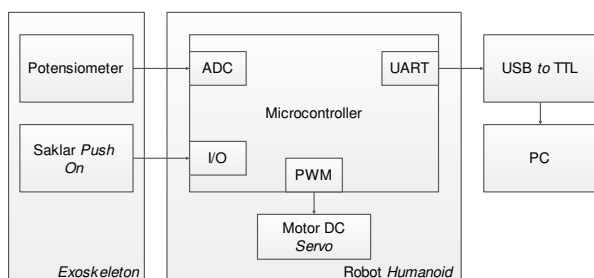
III. METODE PENELITIAN

A. Penentuan Spesifikasi Alat

Penentuan spesifikasi alat ini, bertujuan agar dapat dibuat alat yang sesuai dengan perencanaan dan dapat bekerja dengan efektif serta efisien. Alat yang dirancang dibagi dua, yaitu *Exoskeleton* dan Robot humanoid. Spesifikasi alat sebagai berikut:

- 1) *Exoskeleton* berbahan dasar Aluminium tipe *Hollow*, dengan sambungan/sendi dari aluminium lembaran .
- 2) Sensor pada setiap sendi menggunakan potensiometer mono B50K Ω *single turn linear taper*.
- 3) *Exoskeleton* hanya dibuat untuk bagian *upper body*.
- 4) Robot memiliki rangka berbahan dasar *Acrylic* dan Aluminium.
- 5) *Exoskeleton* dan robot memiliki sendi sebanyak 8 DOF pada bagian *upper body*.
- 6) Sumber tegangan berupa baterai *Lithium Polymer* 2S 7,4V 2200mAh.
- 7) Motor *servo* yang digunakan bertipe Corona DS-238-HV dan Hitec HS-5685.
- 8) Rangkaian catu daya 5V untuk *microcontroller* dan sensor berupa rangkaian regulator switching LM2576 *Simple Switcher*.
- 9) Rangkaian *microcontroller* menggunakan ATmega16 SMD.
- 10) USB to TTL converter yang digunakan bertipe CP2102.
- 11) PC yang digunakan harus memiliki perangkat lunak yang mendukung *Hyper Terminal*, dalam pengujian ini menggunakan CVAVR.

Berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan, dibuatlah perancangan alat secara keseluruhan. Dimulai dari perancangan diagram blok sistem secara keseluruhan, ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

Pertama, sensor sudut, yaitu potensiometer diletakkan di sekujur tubuh pengguna. Potensiometer mengubah pergerakan posisi sudut sendi pengguna menjadi tegangan. Tegangan yang masih berupa besaran analog dimasukkan ke *microcontroller* melalui *Analog to Digital Converter* (ADC) internal *microcontroller*. Data sudut yang sudah berbentuk data digital kemudian diolah menjadi sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) dengan perilaku tertentu untuk menggerakkan sendi Robot *humanoid* yang berupa motor DC *servo*. Apabila gerakan robot sudah terlihat bagus, maka pengguna dapat menampilkan sudut-sudut pada sendi di *Personal Computer* (PC) dengan menekan tombol *capture* yang berupa saklar *push on*. Data sudut ditampilkan ke PC melalui fasilitas *Hyper Terminal*. Data dari *Microcontroller* harus ditransfer dulu ke USB to TTL untuk mengubah data dari protokol komunikasi serial *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) menjadi protokol *Universal Serial Bus* (USB). Data sudut yang telah ditampilkan bisa diganti dengan data

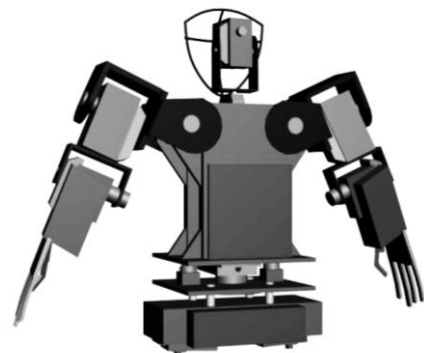
yang baru untuk mencari rangkaian posisi sendi lainnya, atau memperbaiki yang sebelumnya.

Untuk menangkap sudut pada sendi manusia, maka potensiometer harus diletakkan di titik yang merepresentasikan pergerakan sendi untuk satu derajat kebebasan (DOF). Dalam perancangan kali ini, diambil contoh delapan sendi, terdiri dari dua sendi kepala, tiga sendi tangan kanan, dan tiga sendi tangan kiri. Delapan sendi cocok untuk sistem ini, karena *microcontroller* yang digunakan memiliki ADC internal 8 kanal. Kedelapan sendi juga sudah bisa mewakili gerakan tari pada bagian tubuh atas. Rancangan mekanik *exoskeleton* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Mekanik *Exoskeleton*

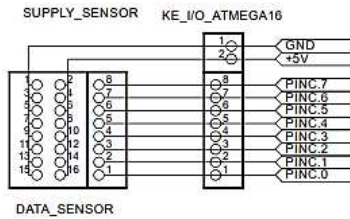
Sebagai objek yang digerakkan, robot *humanoid* dirancang untuk bisa mengikuti gerakan dari pengguna *exoskeleton*. Maka, struktur robot dibuat berdasarkan struktur *exoskeleton*. Bagian tubuh yang digerakkan hanya bagian *upper body*. Bagian *lower body* hanya difungsikan sebagai penyangga tubuh robot. Rangkaian elektronik sistem diletakkan pada bagian belakang robot. Jumlah dan letak DOF juga disesuaikan dengan *exoskeleton*. Gambar 7 menunjukkan rancangan mekanik robot *humanoid*.



Gambar 7. Mekanik Robot *Humanoid*

B. Perancangan Rangkaian Antarmuka Sensor

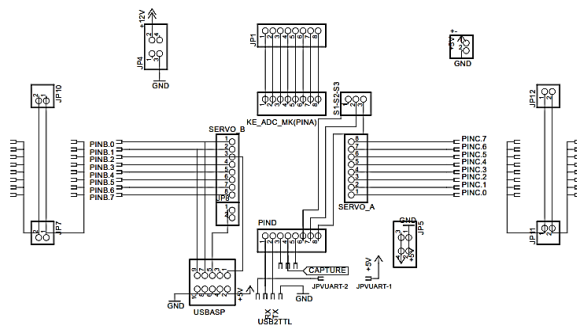
Sensor potensiometer memiliki tiga kaki, bisa dikategorikan sebagai pin referensi (GND), tegangan suplai positif, serta data. Rangkaian ini dirancang sebagai modul yang bisa langsung ditancapkan ke rangkaian antarmuka *microcontroller*. Gambar 8 menunjukkan rangkaian antarmuka sensor.



Gambar 8. Rangkaian Antarmuka Sensor

C. Perancangan Rangkaian Mainboard

Rangkaian ini merupakan basis dari sistem elektronik yang digunakan. Rangkaian ini mengakomodasi *minimum system* ATmega16 SMD dengan berbagai perangkat luar. Fitur yang tersedia untuk rangkaian antarmuka ini adalah soket ATmega16 SMD, delapan pin ADC, enam belas antarmuka *servo*, satu paket antarmuka UART, antarmuka 10-pin USB ASP programmer, enam pin *general I/O*, serta konektor catu daya. Gambar 9 menunjukkan rangkaian *microcontroller mainboard*.

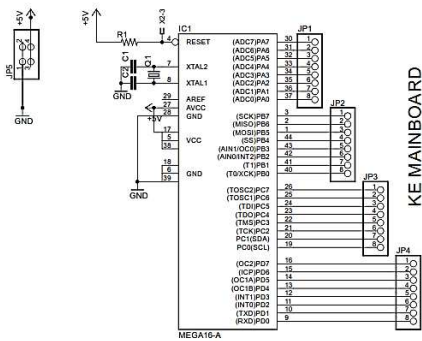


Gambar 9. Rangkaian *Microcontroller Mainboard*

Pada antarmuka *servo*, terdapat konektor catu daya, yaitu tegangan langsung baterai *Lithium Polymer 2 cell* (7,3-8,6V), sesuai spesifikasi yang digunakan. Terdapat delapan *servo*, yang dihubungkan pada PIN C. Pin A digunakan sebagai masukan data analog sensor. Untuk tombol *capture*, dimasukkan ke dalam PIND.3.PIND.0 dan PIND.1 digunakan untuk komunikasi UART.

D. Perancangan Rangkaian ATmega16

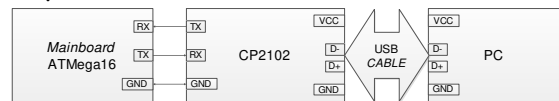
Rangkaian ini merupakan rangkaian *minimum system* sekaligus soket bagi ATmega16 SMD. Rangkaian ini menghubungkan pin ATmega16 dengan keluaran pada *mainboard*. Sumber *clock* menggunakan *External XTAL* 16MHz. Kapasitor kembar yang menghubungkan dua kaki XTAL bernilai 22pF. Resistor *Pull-Up* yang menghubungkan pin RESET dan VCC adalah 4,7kΩ. Untuk ADC, tegangan referensi yang digunakan melalui pin AVCC, yang diparalel dengan VCC. Rangkaian seperti dalam Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian ATmega16

E. Perancangan USB to TTL

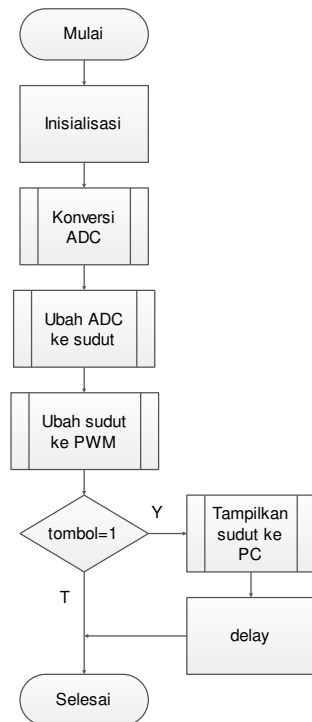
Untuk menampilkan data ke PC, rangkaian yang digunakan adalah IC CP2102. Perangkat ini mampu mengubah data dengan protokol USB ke UART maupun sebaliknya. USB memiliki empat pin koneksi, yaitu VCC, D-, D+, dan GND. Untuk bisa berhubungan dengan *microcontroller*, data harus diubah menjadi *transmitter/receiver*. Dalam perancangan ini, jalur yang digunakan pada UART hanya *transmitter* dari *microcontroller* saja. Diagram koneksi USB to TTL dapat dilihat pada Gambar 11



Gambar 11. Skema koneksi USB to TTL

Perancangan Perangkat Lunak

Pertama, proses yang berjalan adalah inisialisasi ADC, *interrupt*, *timer*, serta UART. ADC dibutuhkan untuk pembacaan data sensor. *Timer dan interrupt digunakan* untuk membangkitkan PWM untuk menggerakkan banyak Motor DC *Servo*. UART digunakan untuk *HyperTerminal*. Algoritma program utama ditunjukkan dalam Gambar 12.



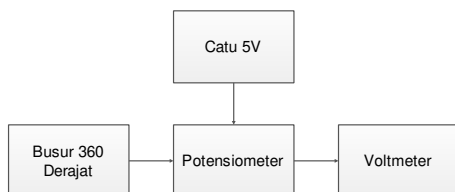
Gambar 12 Flowchart Program Utama

Setelah inisialisasi, selanjutnya adalah pembacaan ADC. Nilai ADC yang telah dibaca kemudian dimasukkan kedalam variabel “pot”. Data kemudian diproses ke fungsi potkesudut, untuk mengubah data ADC 8 bit menjadi data sudut, yang disimpan dalam variabel “sudut”. Variabel sudut nantinya akan digunakan untuk ditampilkan ke PC. Setelah itu, data sudut diubah menjadi nilai lebar pulsa *high* sinyal PWM untuk menggerakkan Motor DC *Servo* melalui fungsi sudutkeservo. Setelah robot bergerak, robot masih bisa bergerak lagi sesuai data sudut yang dibaca oleh sensor, apabila tombol *Capture* tidak ditekan. Apabila tombol *Capture* ditekan, maka fungsi sudutkepc akan dipanggil, untuk menampilkan data sudut ke PC melalui *Hyper Terminal*. Kemudian program akan berulang lagi dari awal setelah *delay* 1 detik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Potensiometer

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian seperti dalam Gambar 13. Parameter yang diamati adalah tegangan keluaran potensiometer yang diukur setiap lima derajat.



Gambar 13. Skema Pengujian Potensiometer

Busur 360 derajat dengan diameter 20 cm dilubangi tengahnya untuk dipasang Potensiometer. Pada tengah *knob* potensiometer, dipasang aluminium

berketebalan 2mm dengan panjang 27 cm, sebagai jarum penunjuk yang menunjukkan sudut yang dimaksud dan sudut yang berlawanan.

Potensiometer disusun sebagai pembagi tegangan, dan yang diukur adalah pin *ground* dan data. Arah orientasi Potensiometer adalah *clockwise* (CW). Pengukuran diambil setiap 5°, dengan memutar *knob* hingga posisi maksimal. Potensiometer dapat diputar hingga 305° dengan keluaran tegangan dari 0-5,08V. Dari tabel percobaan, dapat diolah menjadi grafik keluaran tegangan potensiometer terhadap sudut, pada Gambar 14.

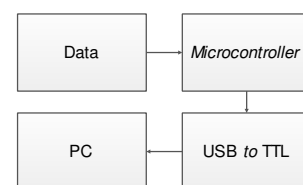


Gambar 14. Hasil Pengujian Potensiometer

Dari Pengujian Potensiometer, dapat disimpulkan bahwa keluarannya cukup linear, sudut efektif potensiometer sebesar 265°, dengan batas bawah 15° dan batas atas 280°. Kesalahan rata-rata potensiometer adalah 0,02 V, kesalahan terendah 0 V, dan kesalahan tertinggi 0,05 V.

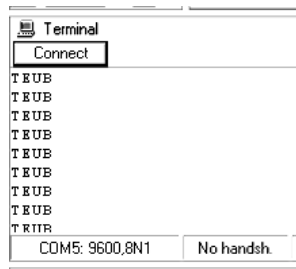
B. Pengujian USB to TTL

Pengujian USB to TTL dapat dilakukan dengan mengetikkan data tertentu ke dalam sebuah program, kemudian diatur agar menuliskan perintah ke komputer. Gambar 14 menunjukkan skema pengujian USB to TTL. Sementara Gambar 15 menunjukkan pelaksanaan pengujian USB to TTL.



Gambar 15. Skema Pengujian USB to TTL

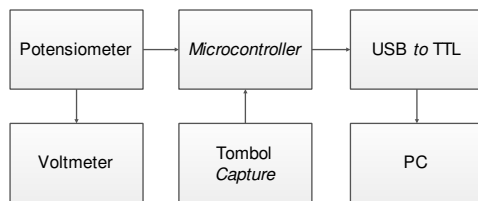
Pada program dituliskan data “TEUB” dan berhasil ditampilkan seperti pada Gambar 16. Data berhasil ditampilkan sesuai dengan yang diinginkan. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Pengujian USB to TTL

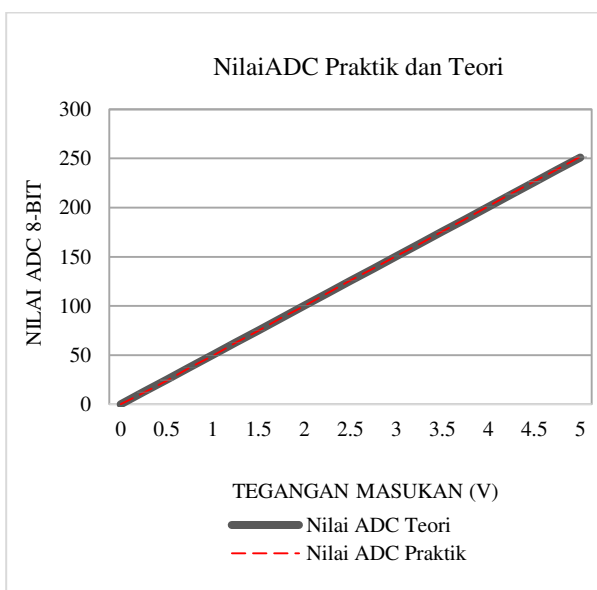
C. Pengujian ADC Microcontroller

Pengujian ini dilakukan untuk mengamati perubahan nilai ADC terhadap tegangan masukan analog. Pengujian ini juga dapat membuktikan fungsionalitas dari tombol *capture* yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan skema seperti Gambar 17.



Gambar 17. Skema Pengujian ADC

Tegangan keluaran Potensiometer diamati melalui Voltmeter, kemudian dimasukkan ke dalam ADC *microcontroller*, untuk dibaca nilai hasil konversinya, kemudian ditampilkan ke PC melalui *Hyper Terminal* setelah pencuplikan data dengan tombol *capture*.. Kali ini, tidak diperlukan busur derajat dan aluminium, hanya memutar potensiometer hingga didapatkan tegangan yang ingin diamati keluarannya, kemudian. Hasil konversi ADC ditampilkan ke PC dengan sebuah program pengujian ADC. Data ADC diambil setiap 0,25V, dari 0-5,08V. Untuk hasil pengukuran, dapat disimpulkan dari grafik pada Gambar 18.



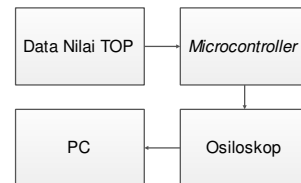
Gambar 18. Hasil Pengujian ADC

Dari grafik pengujian, dapat disimpulkan bahwa ADC berjalan dengan baik. Nilai ADC yang dikeluarkan

sudah sesuai dengan perhitungan. Nilai yang dihasilkan berada dalam *range* 0-255. Tingkat *error* rata-ratanya 0,71%, dengan *error* maksimal 4,38%.dan *error* minimal 0%. Sementara itu, tombol *capture* berhasil menampilkan data setiap kali ditekan.

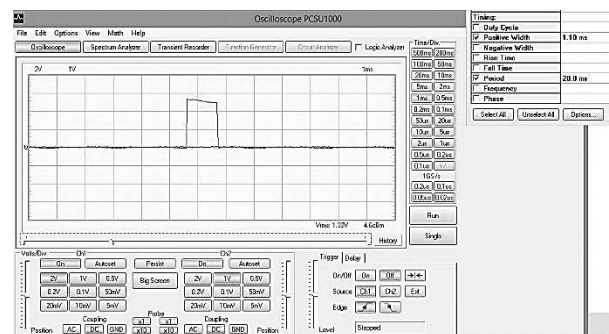
D. Pengujian Sinyal PWM

Pengujian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai TOP pada pulsa PWM yang menggerakkan motor DC *servo*. Skema pengujian PWM motor DC *servo* seperti dalam Gambar 19.

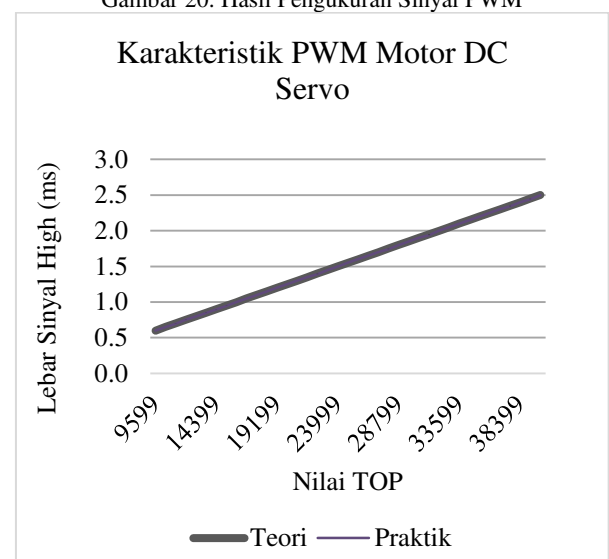


Gambar 19..Skema Pengujian PWM Motor DC Servo

Nilai TOP dalam desimal akan dimasukkan ke dalam program dan dikeluarkan ke setiap pin *servo* pada *mainboard* untuk dilihat grafiknya pada osiloskop. Osiloskop yang digunakan merupakan osiloskop Velleman PCLAB PCSU1000. Setelah data ditahan, kemudian disimpan dalam bentuk gambar langsung ke PC. Untuk hasil pengujian seperti dalam Gambar 20.



Gambar 20. Hasil Pengukuran Sinyal PWM



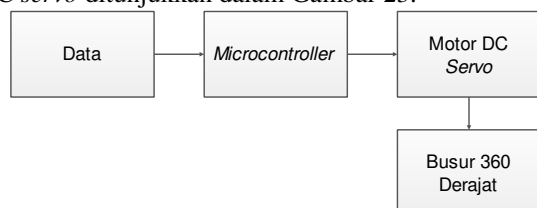
Gambar 22. Hasil Pengujian Sinyal PWM

Dari tabel hasil pengujian, didapatkan grafik seperti dalam Gambar 22. Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa sinyal PWM yang dibangkitkan

Microcontroller tergolong akurat. Periode sinyal *high* yang dimasukkan ke program dalam nilai TOP dapat dikeluarkan lagi ke setiap pin dengan *error* yang sangat kecil, yaitu 0,13%, dengan *error* maksimal 0,71% dan *error* minimal 0%.

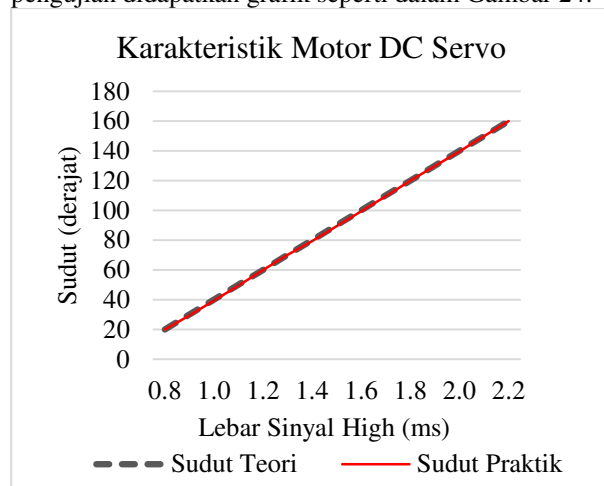
E. Pengujian Motor DC Servo

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keluaran sudut motor DC servo dari sinyal PWM yang diberikan. Sinyal PWM dikeluarkan oleh *microcontroller* seperti pada percobaan sebelumnya, tetapi pada percobaan ini, sinyal tidak dikeluarkan ke osiloskop, melainkan langsung ke motor DC servo. Skema pengujian motor DC servo ditunjukkan dalam Gambar 23.



Gambar 23. Skema Pengujian Motor DC Servo

Untuk Pengujian kali ini, motor DC servo dipasang busur lingkaran penuh, dan di bagian *horn* dipasang plat tipis sebagai jarum penunjuknya. Motor DC servo yang diuji adalah Hitec HS-5685. Algoritma yang digunakan sama persis dengan pengujian sinyal PWM, hanya saja keluaran sistem yang diamati adalah motor DC servo. Pemasangan busur pada servo dilakukan dengan menyesuaikan posisi 90° yang diwakili oleh lebar T_{ON} 1,5 us. Untuk menghitung teori sudut motor DC servo dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan linear. Dari tabel hasil pengujian didapatkan grafik seperti dalam Gambar 24.



Gambar 24. Hasil Pengujian Motor DC Servo

Motor DC servo dapat bergerak searah dan berlawanan arah jarum jam, dengan rentang sudut antara 0°-140°, sinyal PWM yang dapat diterima oleh servo adalah sinyal dengan rentang T_{ON} antara 0,8 ms - 2,2 ms, dengan persen *error* rata-rata 0,5%, persen *error* maksimal 1,67% dan persen *error* minimal 0%.

F. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem ini dilakukan dengan menyambungkan semua *hardware* yang dibuat berdasarkan blok diagram dan memasukkan program berupa *software* yang bekerja untuk mengendalikan *hardware* yang telah dibuat. Sistem bekerja dengan baik jika dapat berjalan sesuai *flowchart* yang telah direncanakan.

Sesuai dengan perancangan awal, percobaan ini memiliki masukan berupa posisi sudut yang dibaca oleh potensiometer, kemudian dikeluarkan menjadi posisi sudut yang menggerakkan motor DC servo, dan data posisi sudut ditampilkan pada PC dengan menggunakan fasilitas *serial terminal*. Percobaan ini dititik beratkan pada akurasi proses konversi sudut masukan dan keluaran sistem. Jadi untuk data hasil percobaan, cukup dengan mencoba satu derajat kebebasan. Dengan karakteristik yang sama, percobaan satu DOF ini dapat mewakili percobaan keseluruhan sistem dengan pengujian semua DOF.

Untuk percobaan satu DOF ini, mekanik robot dan *exoskeleton* tidak digunakan. Untuk meningkatkan kepresisian pembacaan parameter sudut, potensiometer dan motor DC servo diuji dengan menggunakan sistem busur lingkaran penuh seperti pada pengujian masing-masing blok.

Pada potensiometer, busur dipasang menyesuaikan patokan sudut 90° motor DC servo. Sudut yang terukur pada servo kemudian dikonversi menjadi sudut efektif juga. Sudut efektif digunakan sebagai perbandingan dengan keluaran sudut pada PC. Sudut keluaran servo langsung dibandingkan dengan sudut masukan dari potensiometer. Dari tiga kali pengambilan data, sudut keluaran servo memiliki batas bawah rata-rata 20° dan batas atas rata-rata 161°. Sementara sudut efektifnya memiliki batas bawah rata-rata 0° dan batas atas rata-rata 141°. Kesalahan rata-rata sistem adalah 0,59° dengan kesalahan terbesar 1,5° dan kesalahan terkecil 0°.

Sesuai cara kerjanya, setelah aktuator robot *humanoid* digerakkan, pengguna dapat menampilkan posisi sudut gerakan yang sedang terjadi. Dari hasil pengukuran, *serial terminal* mampu menampilkan sudut yang telah dikonversi dalam *microcontroller* dengan batas bawah rata-rata 0° dan batas atas rata-rata 144°. Kesalahan rata-ratanya adalah 1,13° dengan kesalahan terbesar 4° dan kesalahan terkecil 0°.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor potensiometer yang digunakan memiliki sudut efektif sebesar 265°, dengan batas bawah 15° dan batas atas 280°, kesalahan terbesar 0,05 V dan kesalahan rata-rata 0,02 V.
2. Transfer data dari *microcontroller* ke PC melalui USB to TTL berhasil dilakukan. Data berhasil ditampilkan sesuai dengan yang diinginkan dengan tingkat keberhasilan 100%.

3. ADC internal *microcontroller* mengubah data masukan tegangan dengan rentang antara 0 - 5,08 V menjadi data digital 8-bit dengan rentang nilai antara 0 - 255, memiliki persen *error* rata-rata 0,71%, dengan persen *error* tertinggi adalah 4,38%, dan persen *error* terendah adalah 0%.
4. Sinyal PWM untuk mengontrol motor DC *servo* mampu dibangkitkan oleh *microcontroller* dengan lebar T_{ON} , sesuai kebutuhan *servo*, dengan rentang antara 0,6 - 2,5ms, dengan persen *error* terbesar 0,71% dan persen *error* rata-rata 0,13%.
5. Motor DC *servo* dapat bergerak searah dan berlawanan arah jarum jam, dengan rentang sudut antara 0° - 140° , sinyal PWM yang dapat diterima oleh *servo* adalah sinyal dengan rentang T_{ON} antara 0,8 ms - 2,2 ms, dengan persen *error* rata-rata 0,5%, persen *error* maksimal 1,67% dan persen *error* minimal 0%.
6. Sistem keseluruhan berhasil dijalankan. Sendi *exoskeleton* berhasil menggerakkan sendi robot *humanoid* dengan kesalahan rata-rata 0.59° , kesalahan terbesar $1,5^{\circ}$, dan kesalahan terkecil 0° . Sementara sudut yang ditampilkan ke PC memiliki kesalahan rata-rata $1,13^{\circ}$, kesalahan terbesar 4° , dan kesalahan terkecil 0° .

B. Saran

Untuk penelitian yang sama, lebih baik menggunakan sensor dengan tingkat kepresisian dan kestabilan yang lebih baik. Untuk mengurangi kesulitan mekanik dalam pembuatan alat, bisa digunakan sistem *motion capture* dengan sensor inersial, visual, atau bahkan neural. Dengan sensor neural, dimungkinkan menerjemahkan pikiran menjadi sinyal listrik untuk menggerakkan aktuator. Jadi, kita dapat menggerakkan benda hanya dengan berfikir

Perancangan yang sama bisa dilakukan juga dengan menambahkan jumlah DOF pada *upper body* hingga semua sendi terukur, maupun pada bagian *lower body*. Untuk aktuator yang lain, bisa menggunakan motor *stepper*, *pneumatic*, *hydraulic*, *air muscle* maupun aktuator lainnya.

Kedepannya sistem *exoskeleton motion capture* dapat dikembangkan menjadi *powered exoskeleton*, yaitu sistem rangka luar yang membantu atau meningkatkan kemampuan gerak manusia. Di sekujur *exoskeleton*, selain dipasang sensor untuk membaca sudut pergerakan sendi, juga ada aktuator yang merespon pergerakan dan meningkatkan *power* dari gerakan tersebut. Saat ini *powered exoskeleton* sedang dikembangkan di negara-negara maju untuk keperluan militer maupun kesehatan.

international conference on Vehicular Electronics and Safety. Xi'an, China. 2005. pp. 20-24.

- [4] Maulana, Rizal. 2011. *Pemanfaatan Sensor Rotary Encoder pada Robot Humanoid KRSI Untuk Penghitung Jarak pada Lintasan Perlombaan*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

REFERENSI

- [1] Dikti. 2013. *Panduan KRSI 2014-ver Nop 2013*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- [2] Kolozs, James. 1998. *Design Of An Exoskeletal Human Motion Capture System Sensuit™*. Utah: The University of Utah.
- [3] Zhang, Xiao Dong., dkk. *The Principle Of The Potentiometer And Its Applications In The Vehicle Steering*. In Proc. of